

⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 195 18 270 C 1

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**E 04 F 15/00**  
B 28 D 1/00  
E 04 F 15/08

②① Aktenzeichen: 195 18 270.7-25  
②② Anmeldetag: 18. 5. 95  
④③ Offenlegungstag: —  
④⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 22. 8. 96

DE 195 18 270 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE;  
Sievers, Thomas, Dipl.-Ing., 21379 Rullstorf, DE

⑦② Erfinder:

Wiedemann, Günter, Dr., 01237 Dresden, DE;  
Stürmer, Udo, 01737 Tharandt, DE; Sievers, Thomas,  
Dipl.-Ing., 21379 Boltersen, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 39 33 843 A1  
DE 35 45 064 A1  
DE 33 42 266 A1

⑤④ Rutschfester Fußbodenbelag und Verfahren zu seiner Herstellung

⑤⑦ Die Erfindung betrifft einen rutschfesten Fußbodenbelag, insbesondere aus mineralischen Werkstoffen, wie z. B. Stein oder Granit, mit hochglanzpolierter Oberfläche, sowie ein Verfahren zur Herstellung solcher rutschfester Fußbodenbeläge. Erfindungsgemäß ist die Oberfläche des Fußbodenbelages zusätzlich rutschfest, indem auf ihr linsenförmige, scharfkantige, möglichst flache Vertiefungen (Mikrokrater mit Saugnapfwirkung), die für das menschliche Auge unsichtbar sind, statistisch verteilt aber unregelmäßig angeordnet sind. Erhalten werden diese Mikrokrater mit Saugnapfwirkung erfindungsgemäß durch eine gezielte und definierte Einwirkung von Laserimpulsen.

DE 195 18 270 C 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen rutschfesten Fußbodenbelag und ein Verfahren zu seiner Herstellung. Ein besonderes Anwendungsgebiet der Erfindung betrifft hochglanzpolierte Fußböden insbesondere aus mineralischen Werkstoffen, wie beispielsweise Steine (z. B. Granit), wie sie häufig in öffentlichen bzw. öffentlich zugänglichen Gebäuden verwendet werden.

Ausrutschen ist eine der häufigsten Unfallursachen in Deutschland. Die Schwere solcher Unfälle wird meist unterschätzt. Zur Erhöhung der Trittsicherheit müssen Schuhsohlen und Fußböden rutschhemmend gestaltet werden. Dies ist vor allem dort notwendig, wo gleitfördernde Medien auf den Boden gelangen. In vielen Bereichen des öffentlichen Lebens aber auch im Privatbereich ist es üblich, polierte, glänzende Natursteinplatten als repräsentative Fußbodenbeläge sowohl in Trocken- als auch in Naßbereichen sowie Übergangsbereichen (Foyer) einzusetzen. Dabei gilt es, die rutschhemmenden Eigenschaften mit der architektonischen Ästhetik in Einklang zu bringen. Die Bewertung der Rutschhemmung erfolgt nach [DIN 51 097 — Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft — Naßbelastete Barfußbereiche — Begehungsverfahren — Schiefe Ebene und DIN 51 130 — Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft — Arbeitsräume und Arbeitsbereiche mit erhöhter Rutschgefahr — Begehungsverfahren — Schiefe Ebene] mittels einer schiefen Ebene.

Es existieren aber auch Meßgeräte zur instationären Reibzahlmessung [Fb 701 Vergleichsuntersuchung zur instationären Reibzahlmessung auf Fußböden (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz)].

Zur Herstellung bzw. Erhöhung der rutschhemmenden Eigenschaften von Fußböden aus Naturstein existieren unterschiedliche Verfahren. Deren Einsatz hängt vorwiegend davon ab, wo der Bodenbelag verlegt werden soll oder schon verlegt ist (Innenbereich, Außenbereich, zu erwartender Verschmutzungsgrad u. a.). Im folgenden werden die wichtigsten Verfahren kurz beschrieben.

Beim Strahlen wird ein der gewünschten Rauheit entsprechendes Strahlgut mit hohem Druck auf die Oberfläche geschleudert. Das mehr oder weniger harte Strahlgut führt zu einer unregelmäßigen Aufrauhung und starken Mattierung der Oberfläche [Studie "Einsatzmöglichkeiten und Einsatzgrenzen von Reinigungstechniken zum Abtrag von Schmutzschichten auf Bauwerken und Kunstgütern", Ingenieurbüro für Bauwerkserhaltung Weimar GmbH].

Beim Flammstrahlen werden hochenergetische Brenngas-Sauerstoff-Flammen erzeugt, mit denen die zu behandelnde Oberfläche kurzzeitig stark erhitzt wird. Durch die Einwirkung der Flammen erfolgt in der obersten Gesteinszone ein Sprengen des Quarzes sowie ein Schmelzen von Gesteinsteilen, die anschließend glasartig erstarren und verhältnismäßig lose auf der Oberfläche haften [DE 35 45 064].

Das Stocken erfolgt unter Verwendung eines Stockwerkzeuges (Stockhammer), welches mit mehreren, gleichmäßig angeordneten Meißelspitzen versehen ist. Während einer kontinuierlichen Werkstückbewegung wird der Stockhammer mit einer bestimmten Frequenz auf die Oberfläche geschlagen [DE 39 33 843].

Die beschriebenen oder ähnlichen Verfahren, die Ab-rasivmittel bzw. meißelartige Werkzeuge benutzen, führen zwar zur Erhöhung der Trittsicherheit, aber wie auch z. B. herstellungsseitig weniger polierte Flächen zu

einem erheblichen Glanzverlust und damit Minderung des ästhetischen Wertes.

Die Beschichtung von Oberflächen zur Erhöhung der Rutschfestigkeit hat zur Folge, daß die behandelte Fläche mit Noppen versehen wird [DE 33 42 266]. Diese Methode bringt zwar keine Veränderung der optischen Eigenschaften mit sich, ist aber nur begrenzt haltbar, da sich ein Abrieb nicht vermeiden läßt.

Bei der chemischen Ätzbehandlung von Natursteinoberflächen werden durch die Einwirkung flußsäurehaltiger Substanzen vor allem die Feldspatanteile angegriffen [Informationsblatt des Bundesverbandes Trittsicherheit, Abteilung Öffentlichkeitsarbeit]. Die Schädigung beträgt nur wenige Mikrometer, der Quarz wird weitestgehend geschont. Der Glanzverlust hängt von der Einwirkdauer ab, die Veränderung der Gesamtopik muß an einer Probe Fläche getestet werden. Dieses Verfahren ist derzeit das sinnvollste zur Erhöhung der Trittsicherheit von polierten Natursteinfußböden. Es ist allerdings weitestgehend auf die Anwendung auf mineralischen Bodenbelägen beschränkt. Chemische Zusammensetzung und Konzentration müssen den unterschiedlichen Arten von Belägen angepaßt werden. Durch lange Einwirkzeiten sowie exakte Einhaltung der Konzentration läßt sich dieses Verfahren nicht, oder nur mit sehr hohem Aufwand in den Herstellungsprozeß der Fliesen integrieren. Für Kunststoffbeläge ist dieses Verfahren nicht ohne weiteres geeignet. Bei unsachgemäßer Anwendung und Entsorgung der flußsäurehaltigen Substanz besteht eine erhöhte Gefährdung hinsichtlich Umwelt- und Arbeitsschutz.

Es ist nunmehr Aufgabe der Erfindung, einen rutschfesten Fußbodenbelag, dessen Oberfläche hochglanzpoliert sein kann, und ein Verfahren zu dessen Herstellung anzugeben, die sämtliche Nachteile des Standes der Technik nicht aufweisen.

Es ist somit Aufgabe der Erfindung, einen rutschfesten Fußbodenbelag der genannten Art vorzuschlagen, bei dem trotz Rutschfestigkeit optisch keine Abstriche an der hochglanzpolierten Oberfläche gemacht werden müssen und der einfach und umweltfreundlich herstellbar ist.

Darüber hinaus ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren der genannten Art zu entwickeln, mit dem die Rutschfestigkeit nicht erst als Nachbehandlung am Einsatzort des Fußbodenbelages sondern gleich am Ort seiner Herstellung erzeugt wird, das einfach und umweltfreundlich ist und das die Optik und Ästhetik der Oberfläche des Fußbodenbelages in vollem Umfang erhält.

Erfindungsgemäß werden diese Aufgaben den rutschfesten Fußbodenbelag betreffend gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3 und mit einem Verfahren gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 4 bis 6 gelöst.

Der rutschfeste Fußbodenbelag, insbesondere aus mineralischen Werkstoffen, wie z. B. Stein, Granit, mit hochglanzpolierter Oberfläche ist erfindungsgemäß an seiner hochglanzpolierten Oberfläche zusätzlich rutschfest, d. h. die Reibwerte  $\mu$  zwischen Schuh- bzw. Fußsohle und Fußbodenoberfläche sind  $> 0,40$ . Das wird erreicht, indem sich auf der hochglanzpolierten Fußbodenoberfläche linsenförmige, scharfkantige, möglichst flache Vertiefungen (Mikrokrater) mit Saugwirkung, die für das menschliche Auge unsichtbar sind, statistisch verteilt aber unregelmäßig angeordnet befinden. Vorzugsweise weisen diese Mikrokrater einen Durchmesser von 0,1–0,2 mm und eine Tiefe von

0,05—0,2 mm auf. Bei Fußbodenplatten aus Granit befinden sich vorteilhafterweise 100—250 Mikrokater pro cm<sup>2</sup>.

Hergestellt wird dieser erfindungsgemäße rutschfeste Fußbodenbelag mit hochglanzpolierter Oberfläche mittels Impulslaserbeschuß. Erfindungsgemäß werden durch gezielte Einwirkung von Impulslaserstrahlen linsenförmige und scharfkantige Mikrokater, die für das menschliche Auge unsichtbar sind und eine Saugnapfwirkung zeigen, statistisch verteilt und in unregelmäßiger Anordnung erzeugt. Die Laserstrahlparameter, wie z. B. Energiedichte, Pulsdauer usw., werden in Abhängigkeit vom Werkstoff des Fußbodenbelages so gewählt, daß der Materialabtrag zur Erzeugung der Mikrokater im wesentlichen durch Verdampfung erfolgt.

Im Falle der Behandlung der hochglanzpolierten Oberfläche eines Fußbodenbelages aus Naturstein, wie z. B. Granit, betragen die Energiedichten von 30 J bis 90 J, die Pulsdauer von 50 ns bis 250 ns, der Arbeitsfleckdurchmesser von 0,05 mm bis 0,2 mm und der Abstand der einzelnen Mikrokater zueinander 0,5 bis 0,8 mm.

Im Gegensatz zu den Verfahren Flammen, Stocken und Strahlen, handelt es sich bei der Laserstrukturierung um eine berührungslose Feinbearbeitung der Oberfläche. Die Struktur kann sowohl regelmäßig als auch gezielt unregelmäßig sein und zeichnet sich durch eine geringe Schädigung der Gesamtläche aus. Härte und Zusammensetzung des Materials spielen keine Rolle. Das Verfahren zeichnet sich durch eine gute Steuerbarkeit der Parameter aus, d. h. Dichte, Tiefe und Durchmesser der Mikrokater lassen sich beliebig variieren. Somit kann der rutschhemmende Effekt mehr oder weniger stark ausgeprägt werden. Aufgrund nationaler und internationaler Forschungsergebnisse kann ein Reibwert von  $\mu = 0,43$  zwischen Schuh- bzw. Fußsohle und Fußboden als ausreichend sicher gelten. [Fb 701 — Vergleichsuntersuchung zur instationären Reibzahlmessung auf Fußböden (Schriftenreihe Bundesanstalt für Arbeitsschutz)]. Dieser Wert wird in jedem Fall erreicht bzw. überschritten. Damit ist eine Bewertung und Einstufung nach [DIN 51 130 — Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft — Arbeitsräume und Arbeitsbereiche mit erhöhter Rutschgefahr — Begehungsverfahren — Schiefe Ebene, ZH 1/571 — Merkblatt für Fußböden in Arbeitsräumen und Arbeitsbereichen mit Rutschgefahr und GUV 26.17 — Merkblatt des Bundesverbandes der Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand — BAGUV — über Bodenbeläge für naßbelastete Barfußbereiche], möglich.

Ein Zerstören der makroskopischen Optik der Fußbodenbelagsoberfläche, z. B. des Gesteins kann sicher ausgeschlossen werden. Deshalb bezieht sich die Anwendung vorrangig auf polierte bzw. glatte, glänzende Flächen.

Der Vorteil der Laserbearbeitung gegenüber der chemischen Behandlung mineralischer Fußbodenbeläge mit einer flußsäurehaltigen Substanz besteht darin, daß sie sich direkt in die Fußbodenbelagsherstellung, einschließlich Platten aus Naturwerkstein, integrierten läßt (Trittsicherheit ab Werk). Das heißt, der Architekt oder Bauherr kann sich vor der Verlegung, z. B. eines Natursteinbelages, von dessen Eigenschaften überzeugen. Eine nachträgliche Behandlung und damit verbundene optische Veränderung des Fußbodens ist nicht notwendig.

Die Laserbearbeitung ist umweltverträglich, da keine chemischen Substanzen zum Einsatz kommen. Bei den entstehenden Abprodukten handelt es sich hinsichtlich Zusammensetzung um definierte, dem Ausgangsmateri-

al entsprechende Stoffe, welche problemlos abgesaugt und entsorgt werden können. Die Methode ist auf alle Beläge anwendbar.

Gegenüber existierenden Beschichtungsverfahren zur Verbesserung des Anti-Slip-Effektes zeichnet sich die Laserstrukturierung durch längere Haltbarkeit aus. Der Abrieb ist wesentlich geringer als bei einer zusätzlichen Beschichtung, die nicht die Härte des Grundgesteins aufweist. Es gelten keine besonderen Pflegeanweisungen.

Mit der Erfindung wird ein Verfahren realisiert, das die genannten Nachteile beseitigt, darüber hinaus für unterschiedliche Fußbodenbeläge einsetzbar ist und in den Herstellungsprozeß derselben integriert werden kann.

Erfindungsgemäß wird das Erzeugen von Mikrokatern mit Saugnapfwirkung durch Einwirkung von Laserimpulsen vorgenommen. Die für das Erreichen des Effektes wesentlichen Parameter

- Arbeitsfleckdurchmesser (bestimmt Durchmesser der Saugnapfe),
- Einwirkzeit und Pulsenergie (bestimmen Tiefe der Krater und im Zusammenhang mit der Wellenlänge des Lasers die Art der Wechselwirkung (Verdampfen/Schmelzen) sowie der
- Abstand der Einwirkstellen (Anzahl und Anordnung der Krater)

sind leicht steuerbar und können somit dem jeweiligen Werkstoff und den zu erreichenden Effekten bezüglich des optischen Eindrucks und der Reibzahl angepaßt werden.

Die oben genannten Parameter sind vorzugsweise auch so zu steuern, daß der Materialabtrag im wesentlichen durch Verdampfen erfolgt, um das Entstehen von Schmelzwülsten und unscharfer Kanten zu vermeiden, da ansonsten der Saugnapfeffekt beeinträchtigt wird. Es soll praktisch erreicht werden, eine hohe Energie in sehr kurzer Zeit einzutragen, wobei die Werkstoffabhängigkeit berücksichtigt wird.

Form, Tiefe und Breite sind weiterhin so einzustellen, daß eine linsenförmige Vertiefung entsteht, so daß keine permanente Schmutzanhaftung erfolgt. Die Ablenkung des Laserstrahls über der Oberfläche erfolgt mit bekannten, nicht zum Gegenstand der Erfindung gehörenden Baugruppen wie sie z. B. aus dem Lasereinsatz zum Beschriften oder zur Oberflächeninspektion bekannt sind (Scanner, Planaroptiken, Polygonspiegel).

Das Verfahren kann dahingehend verbessert werden, daß durch geeignete Sensorik (z. B. photooptische Abtastung) die Oberflächeneigenschaften (z. B. Farbe) und/oder die lokale Materialzusammensetzung (z. B. durch werkstoffspezifische Absorption und/oder Reflexion) an der zu bearbeitenden Stelle erfaßt werden, und diese Signale für eine Steuerung der Laserquelle (z. B. Pulsenergie) genutzt werden. Dadurch wäre auch die Unterbrechung der Bearbeitung bei optisch erhaltenen Flächen (z. B. bestimmte Kristallarten bei Naturstein) realisierbar.

Die erfindungsgemäße Lösung enthält ein flexibles, umweltfreundliches Verfahren zur Herstellung von bedarfsgerechter, anforderungsgemäßer Rutschfestausrüstung von glatten Fußbodenbelägen (z. B. polierte, mineralische Fußbodenplatten, Kunststoffbeläge und dgl.) unter Beibehaltung der optischen und repräsentativen Eigenschaften, wobei auf der Oberfläche eine anforderungsgemäße Anzahl von vorzugsweise linsenförmigen,

für das menschliche Auge nicht sichtbaren Mikrosaug-  
 näpfen mit anforderungsgemäßer Geometrie und Ver-  
 teilung auf der Oberfläche, durch Einwirkung von ge-  
 pulster Laserstrahlung, erzeugt werden. Diese anfor-  
 derungsgemäße bzw. bedarfsgerechte Rutschfestausrü-  
 stung inklusive der Anpassung an den Werkstoff wird  
 durch die gezielte Variation und/oder Auswahl der La-  
 serbestrahlungsparameter Arbeitsfleckdurchmesser,  
 Wellenlänge, Pulsenergie, Einwirkzeit und Abstand der  
 Mikrosaugnäpfe erreicht. Dabei sollten die Parameter  
 so gewählt werden, daß die abtragende Wirkung vor-  
 zugsweise durch Verdampfen des Werkstoffes an der  
 Einwirkstelle erfolgt. Durch geeignete Sensorik findet  
 eine Erfassung der lokalen Oberflächeneigenschaften  
 statt (z. B. die Farbe von einzelnen, die Oberfläche bil-  
 denden Bestandteile des Fußbodens und/oder die lokale  
 chemische Zusammensetzung, beispielsweise von Kri-  
 stallen bei mineralischen Belägen) und es können diese  
 Informationen zur Steuerung der Laserparameter und/  
 oder der geometrischen Anordnung der Lasereinwirk-  
 stellen, einschließlich Aussparen von Teilbereichen der  
 Oberfläche, genutzt werden.

Ein großer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfah-  
 rens ist, daß es problemlos in den Fertigungsprozeß der  
 Fußbodenbeläge integrierbar ist.

Sämtliche Nachteile des Standes der Technik können  
 mit der Erfindung beseitigt werden.

Der erfindungsgemäße Fußbodenbelag und das erfin-  
 dungsgemäße Verfahren werden in nachfolgendem  
 Ausführungsbeispiel beschrieben.

Fig. 1 zeigt dabei die Aufbringung der Mikrokrater  
 und

Fig. 2 stellt die Mikrokrater selbst dar.

#### Ausführungsbeispiel Forderung:

- Fußbodenfliesen aus Lausitzer Granit poliert
- rutschhemmend bei Einwirkung von Wasser
- Verlegung im Eingangsbereich Hotel →
- bestmögliche Beibehaltung der optischen Qualität

#### Realisierung:

- Bearbeitung mittels Nd: YAG-Laser
- Energiedichte 64 J, Pulsdauer 120 ns, Brennweite 150 mm
- Focussierung auf Werkstückoberfläche
- Relativbewegung zwischen Laserfokus und Werkstück erfolgt während der Pulspause, vorzugsweise durch eine Ablenkoptik in y-Richtung und durch Werkstückweitertransport in x-Richtung
- 2 Impulse je zu erzeugender Krater
- erzeugter Kraterdurchmesser  $d_w$  0,1 — 0,3 mm
- Abstand  $a$  der Krater in x- und y-Richtung 0,8 mm
- erzeugte Tiefe  $t$  0,1 mm

#### Ergebnis:

- ermittelte Reibzahl:  $\mu = 0,55 - 0,6$  (gemessen mit FSC 2000, Kunststoffgleiter, Gleitmittel: entspanntes Wasser)
- Glanzverlust: 11%
- gesamt optische Beeinträchtigung sehr gering

#### Patentansprüche

1. Rutschfester Fußbodenbelag, insbesondere aus mineralischen Werkstoffen, wie z. B. Stein oder Granit, mit hochglanzpolierter Oberfläche, dadurch gekennzeichnet, daß die hochglanzpolierte Oberfläche des Fußbodenbelages zusätzlich rutschfest ist, d. h. Reibwerte  $\mu$  von  $> 0,40$  zwischen Schuh- bzw. Fußsohle und Fußbodenoberfläche aufweist, indem auf ihr linsenförmige, scharfkantige, möglichst flache, für das menschliche Auge unsichtbare Vertiefungen in Form von Mikrokratern mit Saugnapfwirkung statistisch verteilt aber unregelmäßig angeordnet sind.
2. Rutschfester Fußbodenbelag nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß diese Vertiefungen einen Durchmesser von 0,1 — 0,2 mm und eine Tiefe von 0,05 — 0,2 mm aufweisen.
3. Rutschfester Fußbodenbelag nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei rutschfesten Fußbodenplatten aus Granit 100 bis 250 Vertiefungen pro  $\text{cm}^2$  auf deren Oberfläche angeordnet sind.
4. Verfahren zur Herstellung rutschfester Fußbodenbeläge, insbesondere aus mineralischen Werkstoffen, wie z. B. Stein oder Granit, gemäß einem oder mehreren der Ansprüche von 1 bis 3, mit hochglanzpolierter Oberfläche mittels Impulslaserbeschuß, dadurch gekennzeichnet, daß auf der hochglanzpolierten Oberfläche des Fußbodenbelages durch gezielte Einwirkung von Laserimpulsen linsenförmige und scharfkantige Mikrokrater mit Saugnapfwirkung, die für das menschliche Auge unsichtbar sind, statistisch verteilt und in unregelmäßiger Anordnung erzeugt werden.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserstrahlparameter, wie z. B. Energiedichte, Pulsdauer usw., in Abhängigkeit vom Werkstoff des Fußbodenbelages so gewählt werden, daß der Materialabtrag zur Erzeugung der Mikrokrater im wesentlichen durch Verdampfung erfolgt.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß im Falle der Behandlung der hochglanzpolierten Oberfläche eines Fußbodenbelages aus Naturstein, wie z. B. Granit, die Energiedichte 30 J bis 90 J, die Pulsdauer 50 ns bis 250 ns, der Arbeitsfleckdurchmesser 0,05 mm bis 0,2 mm und der Abstand der einzelnen Mikrokrater zueinander 0,5 mm bis 0,8 mm betragen.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 1

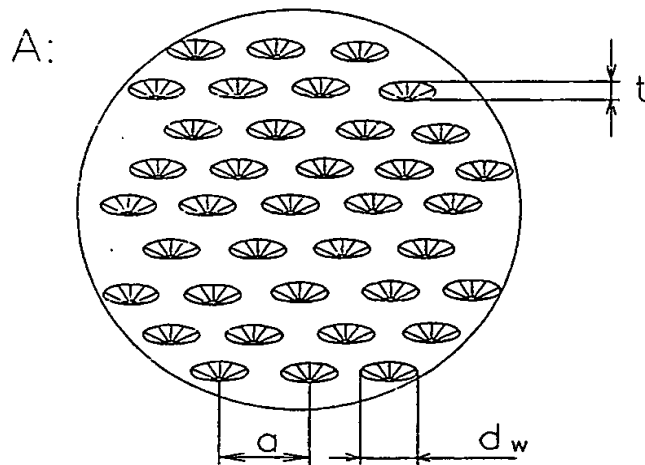
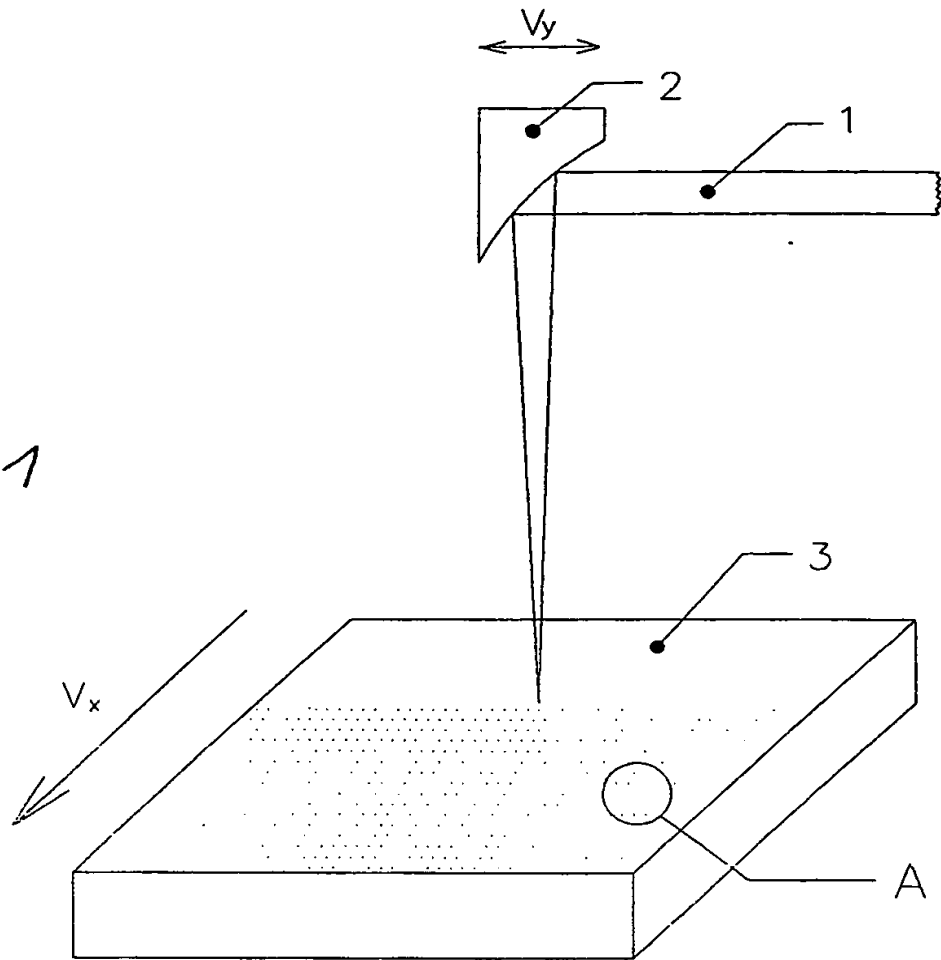


Fig. 2